

JFE スチールの耐磨耗鋼板

Abrasion Resistant Steel Plates of JFE Steel

1. はじめに

JFE スチールでは、1960 年代にエバーハード (EH) の名称で耐磨耗鋼の生産、販売を開始して以来、エバーハードは永年にわたって産業機械、鉱山関連機械、土木・建築用機械などの幅広い分野で使用され、この間、お客様のニーズに合った特性改善（耐磨耗性の向上、板厚の拡大、低温靱性改善、溶接性改善など）により、技術発展を遂げてきた¹⁾。1985 年には、標準タイプとアロイタイプの 2 シリーズを開発、1993 年には、硬さに対し磨耗性を大きく向上させたスーパー耐磨耗鋼 (EH-SP) を開発、さらに 2003 年までに、マイクロアロイング技術と特殊熱処理技術を駆使し、低温靱性、溶接性に優れた LE タイプをシリーズ化した（日本金属学会 2003 年度 技術開発賞を受賞²⁾）。現在、日本のみならず世界各国向けに販売しご好評をいただいております、年間約 7 万トン製造するに至っています。

本報告は、現在、需要旺盛な耐磨耗鋼板分野における JFE スチールの耐磨耗鋼板の規格内容や特長を紹介する。

2. 耐磨耗鋼の種類と特長

2.1 エバーハード (EH) 規格

表 1 に耐磨耗鋼エバーハード (EH) 規格の内容を示す。エバーハードは現在、標準タイプ (standard type)、アロイタイプ (alloy type)、高靱性の LE タイプ (LE type) の 3 シリーズおよびスーパー耐磨耗鋼 (JFE-EH-SP) が規格化されており、多様な品種で広範囲の用途に対応できる商品を整えている。規格名 (Grade) の数字 3 桁は、硬さの下限値の目安を示しており、「360」は表面のブリネル硬さが 360 超え（平均約 400）を、「400」は表面のブリネル硬さが 400 超え（平均約 450）を、「500」は表面のブリネル硬さが 477 以上（平均約 500）を示している。また、規格名称の末尾の「A」はアロイタイプを、「LE」は LE (leading edge (最先端) の頭文字をとって LE) タイプを示している。

エバーハードの種類と主な特長は以下のとおりである¹⁾。
(1) 標準タイプには、JFE-EH360, JFE-EH400, JFE-

表 1 JFE スチールの耐磨耗鋼板規格
Table 1 JFE steel standards for abrasion resistant steel plates

Type	Grade	Thickness (mm)	Chemical composition (%) C _{eq} ^{*1}	Hardness (●: Average of surface) (Brinell, Load : 29.4 kN (3 000 kgf))						Charpy impact test (Longitudinal)		Characteristics & Merit	
				HB	360	400	440	477	500	556	Temp. (°C)		Energy (J)
Standard	JFE-EH360	6-50	—	361 min.							—	—	Standard type
	JFE-EH400	6-50		401 min.									
	JFE-EH500	6-50		477 min.									
Alloy	JFE-EH360A	6-100	—	361 min.							0 (13<t≤50)	21 min.	Thickness available up to 100 mm
	JFE-EH500A	6-100		477 min.							0 (13<t≤25)	21 min.	
LE	JFE-EH360LE	6-19	0.40 max.	361-440							-40	27 min.	Excellent low temperature toughness
		19.1-32	0.43 max.										
	JFE-EH500LE	6-19	0.55 max.	477-556									
		19.1-32	0.58 max.										
SP	JFE-EH-SP	6-65	—	401 min.							—	—	Super abrasion resistance

*1 C_{eq} = C + Mn/6 + (Cu + Ni)/15 + (Cr + Mo + V)/5

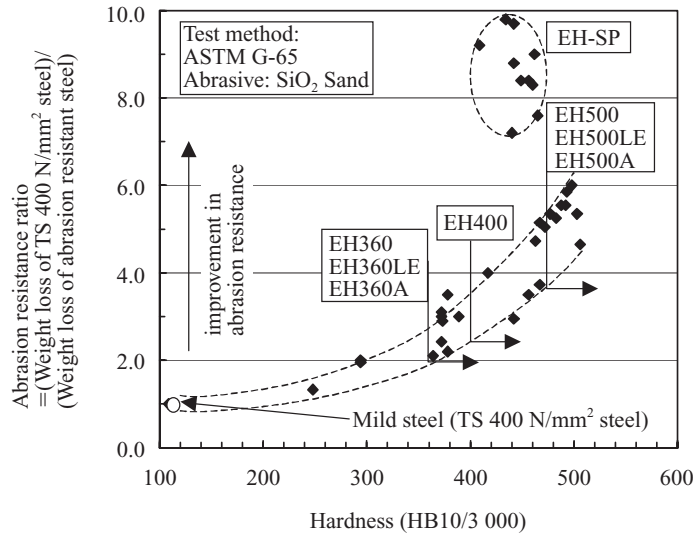


図1 硬さと耐摩耗性の関係

Fig.1 Relation between hardness and abrasion resistance ratio

EH500があり、通常板厚6mmから50mm(50.8mm)まで製造しており、表面硬度を保証している。

- (2) アロイタイプには、JFE-EH360AとJFE-EH500Aがあり、焼入性を向上させているため、主に標準型で対応しきれない厚物に使用されている。
- (3) LEタイプは標準タイプの表面硬度に加え、C当量上限と-40℃の低温靱性を保証したシリーズで、溶接性や冷間加工性に優れ、JFE-EH360LEとJFE-EH500LEがあり、板厚32mmまで規格化されている。
- (4) JFE-EH-SPは、JFE-EH400と同程度の硬さであるが、耐摩耗性に優れており、板厚65mmまで規格化されている。

2.2 エバーハード (EH) の特長

2.2.1 耐摩耗性

図1に、耐摩耗性と表面ブリネル硬さとの関係を示す。磨耗試験は、ASTM G65に従いラバーホイール磨耗試験機で行い、磨耗材としてはSiO₂を用いている。耐摩耗性は、400 N/mm²級鋼の磨耗減量との比で評価している。

一般に耐摩耗性は、表面硬度が高くなるに従い向上する。エバーハードでの耐摩耗性は硬さレベルによって、360レベル(平均HB400)は400 N/mm²級鋼との比で約3倍、400レベル(平均HB450)で約4倍、500レベル(平均HB500)で約5倍となっている。またEH-SPは、硬さに対して非常に良好な耐摩耗性を示している¹⁾。これは、硬質粒子の析出を積極的に利用した効果である。ただし、耐摩耗性は磨耗環境によって変化するため、特殊な磨耗環境でご利用の場合には、事前に相談していただきたい。

2.2.2 低温靱性、溶接性とLEタイプの特長

図2に-40℃におけるシャルピー衝撃試験の吸収エネルギーとC当量との関係を、360レベルと500レベルについ

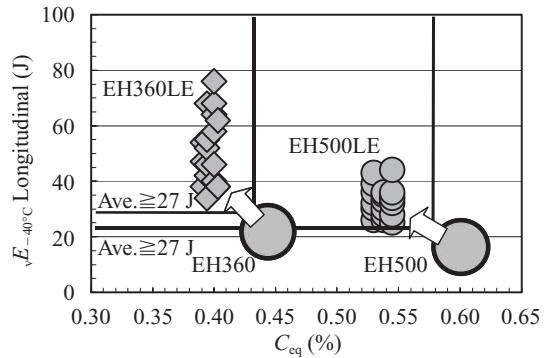


図2 標準タイプとLEタイプの吸収エネルギーの比較
Fig.2 Comparison of absorbed energy of Standard and LE type

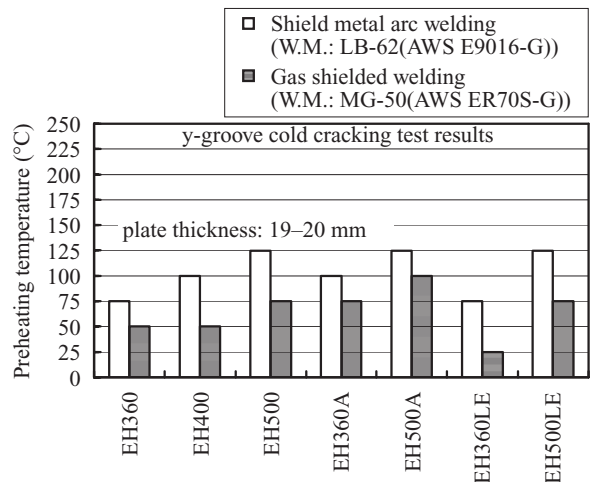


図3 推奨予熱温度

Fig.3 Recommendation on preheating temperature

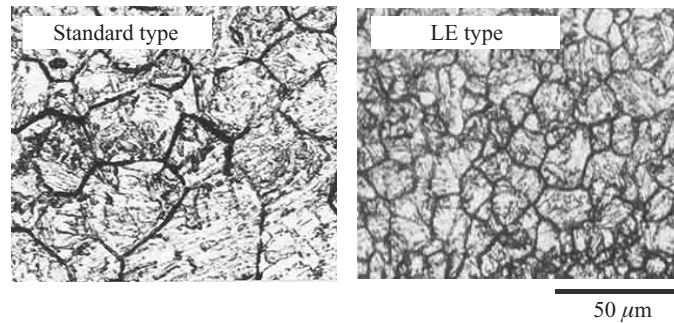


写真1 標準タイプとLEタイプのマクロ組織の比較

Photo 1 Comparison of microstructures of Standard and LE type

て示す。LEタイプは、標準タイプよりも低C当量かつ、2倍以上の吸収エネルギーを示している。このためLEタイプは寒冷地での使用が可能になることや、耐衝撃損傷性の向上により部材の長寿命化が期待できる。

エバーハードは、一般に用いられている低水素系被覆アーク溶接、CO₂アーク溶接が可能である。図3に、y形溶接割れ試験による予熱温度の結果を各規格ごとに示す。実際の溶接では、他の高強度鋼材と同様に遅れ破壊対策として、予熱以外に溶接棒の乾燥や、表面の錆、油などの除去が重要になる。また、図3では標準タイプとLEタイプの予熱温度はほぼ同じであったが、後述するようにLEタイプは溶接後の遅れ破壊の防止効果が高い。

写真1に示すように、LEタイプはマイクロアロイング技術と特殊熱処理技術により、微細粒を達成している。これにより低温靱性の改善や、溶接時の遅れ破壊の防止、冷間曲げ特性の向上などが得られる^{2,3)}。このような特長を生か

し、LEタイプの需要が近年増加している。

3. おわりに

本報告では、エバーハードの種類や特長についてその概略を説明した。今後も、JFEスチールの耐磨耗鋼（エバーハード）をご愛顧いただけるように、お客様のニーズに合わせた豊富な品揃えと商品開発を行っていく所存である。

参考文献

- 1) 「JFEエバーハード」. JFEカタログ. cat. no. C1J-007-02など.
- 2) 貞末照輝ほか. 日本金属学会会報. 2003, vol. 42, no. 2, p. 145-147.
- 3) 室田康宏ほか. JFE技報. 2004, no. 5, p. 51-55.

〈問い合わせ先〉

JFEスチール 厚板セクター部

TEL : 03-3597-3371 FAX : 03-3597-3533

ホームページ : <http://www.jfe-steel.co.jp/products/atuita/index.html>